

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-265405

(43)Date of publication of application : 24.09.2003

(51)Int.Cl.

A61B 1/00
 A61B 1/06
 H04N 5/225
 H04N 7/18

(21)Application number : 2002-366920

(71)Applicant : GIVEN IMAGING LTD

(22)Date of filing : 18.12.2002

(72)Inventor : GLUKHOVSKY ARKADY
 KISLEV HANOCH
 MERON GAVRIEL

(30)Priority

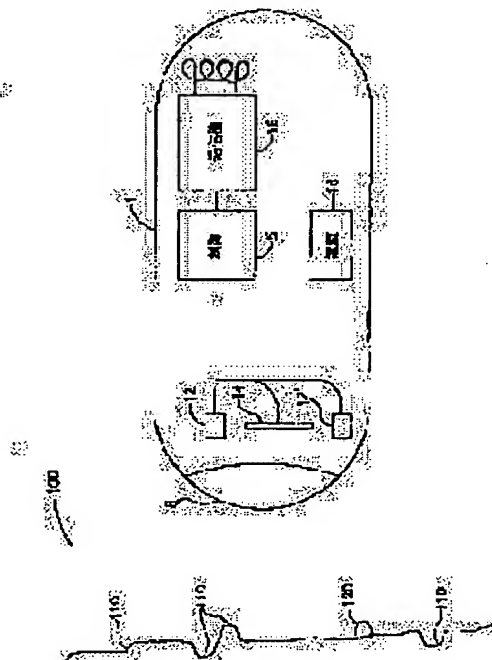
Priority number : 2001 340256 Priority date : 18.12.2001 Priority country : US

(54) IN-VIVO IMAGING SYSTEM, METHOD FOR OBTAINING IN-VIVO IMAGE AND SYSTEM AND METHOD FOR PRESENTING IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain and observe in-vivo image including three-dimensional information or surface orientation information.

SOLUTION: An in-vivo region is illuminated with a plurality of light sources, and a reflected image produced as a result of illumination is used to generate three dimensional information or surface orientation information on the in-vivo region. This system includes a deglutition enable capsule.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
 examiner's decision of rejection or application converted
 registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
 rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-265405

(P2003-265405A)

(43) 公開日 平成15年9月24日 (2003.9.24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード [*] (参考)
A 6 1 B 1/00	3 2 0	A 6 1 B 1/00	3 2 0 B 4 C 0 6 1
1/06		1/06	B 5 C 0 2 2
H 0 4 N 5/225		H 0 4 N 5/225	C 5 C 0 5 4
7/18		7/18	M

審査請求 未請求 請求項の数43 O L 外国語出願 (全 46 頁)

(21) 出願番号 特願2002-366920 (P2002-366920)

(22) 出願日 平成14年12月18日 (2002. 12. 18)

(31) 優先権主張番号 6 0 / 3 4 0 2 5 6

(32) 優先日 平成13年12月18日 (2001. 12. 18)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 502285996

ギブン・イメージング・リミテッド

G I V E N I M A G I N G L T D .

イスラエル、20692 ヨクニアム・イリテ、

ビー・オー・ボックス・258

(72) 発明者 アルカディ・グルクホフスキー

イスラエル、36790 ネシャール、ハヌリオ

ト・ストリート、24 / 5

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎 (外 5 名)

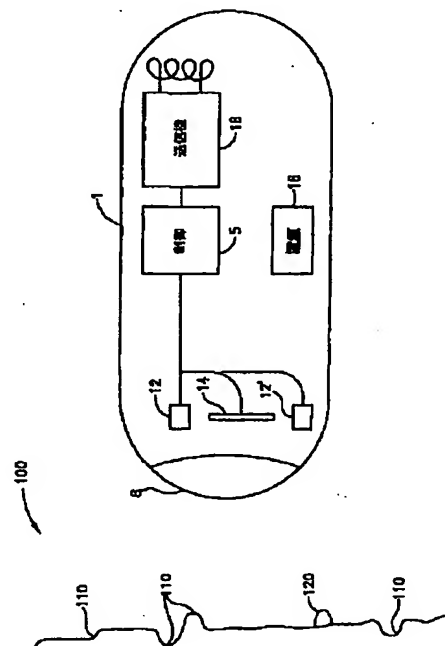
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 生体内画像化システム、生体内画像を取得するための方法、ならびに画像を呈示するためのシステムおよび方法

(57) 【要約】

【課題】 3次元情報または表面配向情報を含む生体内画像を取得および観察する。

【解決手段】 生体内部位を複数の光源で照らし、その結果生じる反射像を用いて、生体内部位についての3次元情報または表面配向情報を生成することができる。このシステムは嚥下可能カプセルを含み得る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 生体内部位を画像化するための生体内画像化システムであって、前記システムは嚥下可能カプセルを含み、前記嚥下可能カプセルは少なくとも、撮像装置と、

複数の照明源とを含み、前記複数の照明源の各々は別々の期間に動作させられる、システム。

【請求項 2】 前記複数の照明源のうち少なくとも 2 つは、異なった角度から生体内部位を照明するよう構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】 前記複数の照明源のうち少なくとも 1 つは、前記複数の照明源のうち異なる 1 つにより生成される照明レベルとは異なる照明レベルをもたらす、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】 前記複数の照明源の各々は同じスペクトルの照明を生成する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】 前記カプセルは、画像データを送信するための送信機を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】 前記カプセルは電池を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】 前記照明源を選択的な態様で制御するよう構成された制御装置を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】 送信された画像データを受信するよう構成された受信ユニットを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】 3 次元および表面配向情報を描く単一の画像を画像対から作成するよう構成されたプロセッサを含む、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】 生体内部位を画像化するための生体内画像化システムであって、前記システムは嚥下可能カプセルを含み、前記カプセルは少なくとも、撮像装置と、

複数の照明源とを含み、前記複数の照明源の各々は異なったスペクトルを生成することができる、システム。

【請求項 11】 前記照明源のうち少なくとも 1 つは、赤外スペクトルでの照明を生成する、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】 前記照明源のうち少なくとも 1 つは、紫外スペクトルでの照明を生成する、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 13】 前記カプセルは送信機を含む、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 14】 前記カプセルはモザイクフィルタを含む、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 15】 送信された画像データを受信するよう構成された受信ユニットを含む、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 16】 3 次元および表面配向情報を描く単一の画像を画像対から作成するよう構成されたプロセッサ

を含む、請求項 15 に記載のシステム。

【請求項 17】 生体内画像を取得するための方法であって、前記方法は、生体内部位を照明源の組で非同時に照明するステップと、

嚥下可能カプセル内に収められた撮像装置を用いて前記部位の画像の組を取得するステップとを含み、前記組の少なくとも 2 つの画像は、異なったサブセットの照明源を用いて照明される、方法。

10 【請求項 18】 無線リンクを介して前記画像を送信するステップを含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】 区画化されたフィルタを通じて光を通過させるステップを含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】 生体内部位を照明する前記ステップは、少なくとも 2 つの異なった照明レベルで照明するステップを含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 21】 生体内画像を取得するための方法であって、前記方法は、

少なくとも 2 つの照明源で生体内部位を照明するステップを含む、前記照明源は異なったスペクトルを生成し、前記方法はさらに、

嚥下可能カプセル内に収められた撮像装置を用いて、前記部位の画像の組を取得するステップを含む、方法。

【請求項 22】 無線リンクを介して前記画像を送信するステップを含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】 前記照明源のうち少なくとも 1 つは、赤外スペクトルでの照明を生成する、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 24】 前記照明源のうち少なくとも 1 つは、紫外スペクトルでの照明を生成する、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 25】 前記照明源のうち少なくとも 1 つは、実質的に白色の光を生成する、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 26】 前記照明源のうち少なくとも 2 つのスペクトルの内容は同じであり、前記方法は、

前記照明源のうち第 1 の照明源を用いて第 1 の画像を取得する際に、第 3 の照明源から照明を与えるステップを含み、前記第 3 の照明源からの照明は、前記照明源のうち第 2 の照明源の照明とはスペクトルの内容において異なる、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 27】 生体内部位を画像化するための生体内画像化システムであって、前記システムは嚥下可能カプセルを含み、前記カプセルは、撮像装置と、

複数の照明源とを含み、前記複数の照明源は互いに隔てられて選択的に動作可能であり、前記複数の照明源からの照明により生じた複数の反射された画像の組合せは、前記生体内部位の 3 次元的様相についての情報をもたらす、システム。

【請求項28】 前記複数の照明源の各々は別々の期間に動作させられる、請求項27に記載のシステム。

【請求項29】 前記複数の照明源の各々は同じ期間に動作させられ、

前記複数の照明源のうちの少なくとも1つは、前記複数の照明源のうち異なる1つにより生じた照明のスペクトルとは異なるスペクトルでの照明を生成する、請求項27に記載のシステム。

【請求項30】 前記複数の照明源の各々は同じスペクトルの照明を生成する、請求項27に記載のシステム。

【請求項31】 前記カプセルは送信機を含む、請求項27に記載のシステム。

【請求項32】 前記照明源のうち少なくとも1つは、赤外スペクトルでの照明を生成する、請求項27に記載のシステム。

【請求項33】 前記照明源のうち少なくとも1つは、実質的に白色光である照明を生成する、請求項27に記載のシステム。

【請求項34】 生体内部位を画像化するための生体内画像化システムであって、前記システムは、

撮像装置と、

送信機と、

複数の照明源とを含み、前記複数の照明源のうち少なくとも1つは、前記複数の照明源のうち少なくとも第2の照明源により生じた照明とは異なるスペクトルでの照明を生成する、システム。

【請求項35】 生体内部位を画像化するための生体内画像化システムであって、前記システムは、

撮像装置と、

送信機と、

複数の照明源とを含み、各照明源は異なる角度からの光をもたらし、各照明源は選択的に動作可能である、システム。

【請求項36】 前記複数の照明源の各々は別々の期間に動作させられる、請求項35に記載のシステム。

【請求項37】 画像を呈示するためのシステムであって、前記システムは、

プロセッサを含み、前記プロセッサは生体内撮像装置からの一連の画像を含み、前記一連の画像は表面配向情報を含み、前記プロセッサはさらに、グラフィック画像を出力して、使用者が前記画像の表面配向様相を知覚できるように使用者に対しこのような画像を表示する、システム。

【請求項38】 前記生体内撮像装置はカプセル内に収められる、請求項37に記載のシステム。

【請求項39】 各々の画像についての前記表面配向情報は、少なくとも複数のサブ画像により記録され、各々のサブ画像は、異なる照明の遠近法的関係を用いた部位の画像を含む、請求項38に記載のシステム。

【請求項40】 画像を呈示するためのシステムであって、

て、前記システムは、

プロセッサ手段を含み、前記プロセッサ手段は、生体内撮像装置から一連の画像を受入れ、前記一連の画像は表面配向情報を含み、前記プロセッサはさらに、グラフィック画像を出力して、使用者が立体情報を知覚できるように使用者に対しこのような画像を表示する、システム。

【請求項41】 画像を呈示するための方法であって、前記方法は、

10 生体内撮像装置から一連の画像を受入れるステップを含み、前記一連の画像は表面配向情報を含み、前記方法はさらに、

グラフィック画像を出力して、使用者が前記画像の表面配向様相を知覚できるように使用者に対しこのような画像を表示するステップを含む、方法。

【請求項42】 前記生体内撮像装置はカプセルに収められる、請求項41に記載の方法。

【請求項43】 各々の画像についての前記表面配向情報は、少なくとも複数のサブ画像により記録され、各々のサブ画像は、異なる照明の遠近法的関係を用いた部位の画像を含む、請求項41に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】この発明は、生体内画像化装置ならびに、たとえば身体の内腔を画像化するためのシステムおよび方法に関する。より具体的にこの発明は、生体内の部位の表面配向の、立体的または3次元的な画像および判定をもたらす装置および方法に関するものである。

【0002】

30 【発明の背景】身体の内腔を検査するためのさまざまな生体内測定システムが当該技術で公知である。最も一般的な種類のシステムは内視鏡である。内視鏡は、管（硬質または軟質）と、光学系などその他の器具とを含む装置であり、身体内に導入されて体内を観察する。飲み込むことができるカプセルを用いて画像を取得する生体内撮像システムが存在する。このようなシステムの1つでは、カプセルが胃腸管を通過する間に撮像システムが胃腸管の画像を取得し、これを外部の記録装置へ送信する。

40 【0003】内視鏡、嚥下可能カプセルおよびその他の画像化システムなどの装置は典型的に、たとえば胃腸管などの体腔の2次元的な画像をもたらす。したがって、部位の表面配向および3次元的特質は容易に判定することができない。体腔に存在する或る構造または状態の特質は3次元的であり、これの入手および呈示はその診断または理解の助けとなる。たとえば胃腸管では、たとえばポリープ、病変、開放創または潰瘍、腫脹、または絨毛の異常なパターンなどの観察は、3次元的な、表面配向または画像深度についての情報によって向上するであろう。ここで対象または表面の表面配向は、対象または

表面の3次元的な様相についての情報を含むことを意図しており、これには出っ張り、突出部、隆起部、凹み、および窪みが含まれるがこれらに限定はされない。

【0004】ヨカタ(Yokata)による米国特許第4,656,508号に記載のものなど、3次元測定を可能にするいくつかの内視鏡が存在する。しかしながらこのようなシステムはかなり複雑で高価なものであり、さらに十分な空間を必要とするため、嚥下可能画像化システムなどのより小さな画像化システムとともに用いることができない。さらに、このようなシステムでは表面特徴の再構成がより困難となる。

【0005】したがって、観察する構造の3次元的な様相を、効果的かつ容易に取得する生体内画像化システムが必要とされている。

【0006】

【特許文献1】米国特許第4,656,508号

【0007】

【発明の概要】この発明のシステムおよび方法の一実施例は、立体的、3次元的な表面配向情報または画像深度情報を含む生体内画像を提供する。生体内の部位は複数の光源によって照明され、その結果生じた反射像を用いて生体内部位についての3次元情報または表面配向情報をもたらすことができる。一実施例でこのシステムは嚥下可能カプセルを含む。

【0008】一実施例では、生体内部位を画像化するためのシステムは、少なくとも撮像装置および複数の照明源を含む嚥下可能カプセルを含み、ここで複数の照明源の各々は別々の期間に動作させられる。複数の照明源のうち少なくとも2つは、異なる角度から生体内部位を照明するよう構成され得る。複数の照明源のうち少なくとも1つは、複数の照明源のうち異なる1つによりもたらされる照明レベルとは異なる照明レベルをもたらし得る。一実施例では、複数の照明源の各々は同じスペクトルの照明をもたらし得る。カプセルは送信機を含むことができ、さらに電池を含み得る。カプセルは、選択的な態様で照明源を制御するよう構成された制御装置を含み得る。このシステムは、送信された画像データを受信するよう構成された受信ユニットを含み得る。システムは、3次元および表面配向情報を描く単一の画像を画像対から作成するよう構成されたプロセッサを含み得る。

【0009】異なる照明源は、たとえば赤外光、紫外光、白色光またはその他の照明をもたらし得る。

【0010】一実施例では、生体内部位を画像化するための生体内画像化システムは、少なくとも撮像装置および複数の照明源を含む嚥下可能カプセルを含み、ここで複数の照明源の各々は異なるスペクトルをもたらし得る。カプセルは送信機を含み得る。カプセルはモザイクフィルタを含み得る。このシステムは、送信された画像データを受信するよう構成された受信装置を含み得る。プロセッサは、3次元および表面配向情報を描く単一の

画像を画像対から作成するよう構成され得る。

【0011】一実施例では、生体内画像を取得するための方法は、生体内部位を1組の照明源で非同時に照明するステップと、嚥下可能カプセル内に収められた撮像装置を用いて部位の1組の画像を取得するステップとを含み、画像組にある少なくとも2つの画像は異なるサブセットの照明源を用いて照明される。この方法は無線リンクを通じて画像を送信するステップを含み得る。方法は区画化されたフィルタを通じて光を通過させるステップを含み得る。生体内部位を照明するステップは、少なくとも2つの異なる照明レベルで照明するステップを含み得る。

【0012】一実施例では、生体内画像を取得するための方法は、生体内部位を少なくとも2つの照明源で照明するステップを含み、前記照明源は異なるスペクトルを生じさせ、この方法はさらに、嚥下可能カプセル内に収められた撮像装置を用いて部位の1組の画像を取得するステップを含む。この方法は無線リンクを通じ画像を送信するステップを含み得る。一実施例では、少なくとも2つの照明源のスペクトルの内容は同じであり、この方法は、照明源のうち第1の照明源を用いて第1の画像を取得する際に第3の照明源から照明を与えるステップを含み、ここで第3の照明源からの照明は、そのスペクトルの内容において第2の照明源のそれと異なる。

【0013】一実施例では、生体内部位を画像化するための生体内画像化システムは、生体内部位を画像化するための、嚥下可能カプセルを含む生体内画像化システムを含み、カプセルは撮像装置と複数の照明源とを含み、ここで複数の照明源は互いから隔てられて選択的に動作可能であるため、複数の照明源からの照明によって生じた複数の反射像を組合わせることで生体内部位の3次元の様相についての情報が得られる。複数の照明源の各々は別々の期間に、またはこれに代えて同じ期間に動作させられ得る。複数の照明源のうち少なくとも1つは、複数の照明源のうち異なる1つによってもたらされた照明のスペクトルとは異なるスペクトルでの照明をもたらし得る。これに代えて、各照明源は同じスペクトルの照明をもたらし得る。

【0014】一実施例では、生体内部位を画像化するための生体内画像化システムは、撮像装置、送信機および複数の照明源を含み、複数の照明源のうち少なくとも1つは、複数の照明源のうち少なくとも第2の照明源によってもたらされた照明とは異なるスペクトルでの照明をもたらし得る。

【0015】一実施例では、生体内部位を画像化するための生体内画像化システムは、撮像装置、送信機および複数の照明源を含み、ここで各照明源は異なる角度からの光をもたらし、各照明源は選択的に動作可能である。一実施例では、複数の照明源の各々は別々の期間に動作させられる。

【0016】一実施例では、画像を呈示するためのシステムは、生体内撮像装置からの一連の画像を受入れるプロセッサを含み、一連の画像は表面配向情報を含み、プロセッサはさらに、グラフィック画像を出力して、使用者が画像の表面配向の様相を知覚できるようにこのような画像を使用者に対して表示する。生体内撮像装置はカプセル内に収められ得る。各画像についての表面配向情報は少なくとも複数のサブ画像によって記録でき、各サブ画像は異なった照明の遠近法的関係(perspective)を用いた部位の画像を含む。

【0017】一実施例では、画像を呈示するためのシステムは、生体内撮像装置から一連の画像を受入れるプロセッサ手段を含み、一連の画像は表面配向情報を含み、プロセッサはさらに、グラフィック画像を出力して、使用者が立体情報を知覚できるようにこのような画像を使用者に対して表示する。

【0018】一実施例では、画像を呈示するための方法は、生体内撮像装置から一連の画像を受入れるステップを含み、一連の画像は表面配向情報を含み、この方法はさらに、グラフィック画像を出力して、使用者が画像の表面配向の様相を知覚できるようにこのような画像を使用者に対して表示するステップを含む。生体内撮像装置はカプセル内に収められ得る。各画像についての表面配向情報は、少なくとも複数のサブ画像によって記録でき、各サブ画像は異なった照明の遠近法的関係を用いた部位の画像を含む。

【0019】[詳細な説明]以下の記載によりこの発明のさまざまな局面を説明する。この発明の完全な理解を可能にするために、説明上特定の構成および詳細を記載する。しかしながら、当業者であればこの発明はここに示された特定の詳細なしに実施され得ることが明らかであろう。さらに、この発明を不明瞭にすることを避けるために、周知の特徴点を省略または簡略化することがある。

【0020】この出願の共通の譲受人に譲渡されここで引用により援用される米国特許第5,604,531号の実施例では、嚥下可能カプセルによって運ばれる生体内カメラシステムが説明されている。別の生体内画像化システムが、この出願の共通の譲受人に譲渡されここで引用により援用される、2001年9月13日公開の国際出願公開第01/65995号に記載されている。この発明のシステムおよび方法の実施例は、米国特許第5,604,531号および/または国際出願公開第01/65995号に記載の装置および方法とともに用いることができるが、この発明の実施例は他の構成を有する他の生体内画像化システムと用いてもよい。

【0021】図1を参照すると、この図はこの発明の一実施例に従う生体内画像取得装置を示す。例示的な一実施例では、生体内画像取得装置はカプセル1であり、これは、身体の内腔を照明するための発光ダイオード(LED)などの複数の照明源12および12'と、生体内部位100の画像を入手するためのCMOS撮像装置などの撮像装置14を含む。画像取得装置が、胃腸管を通じて動くカプセル1である一実施例では、取得される生体内部位100のビューは画像取得装置の動きとともに変化する。部位100のビューの表現は、周期的に、立体的、3次元的な表面配向情報または画像深度情報を含むように取得されることが好ましい。照明源12および12'ならびに撮像装置14は光学窓8の後ろに位置づけられることが好ましい。たとえばレンズもしくは鏡(図示せず)を含む、または光学窓8を含む光学系は、反射された電磁エネルギーを撮像装置に対して集束する助けとなることができる。制御ユニット5は照明源12および12'の各々ならびに撮像装置14に接続され、照明源12および12'の各々による生体内部位の、好ましくは重複しない周期的な照明を、撮像装置14による画像の取得と同期させる。カプセルは好ましくは、カプセル1にある要素に電力を供給する電池などの電源16と、撮像装置14により入手された画像、およびことによるとその他の情報を、無線リンクを通じて受信装置(図2)へ送信するための、送信機およびアンテナ18を含む。制御ユニット5は、構成要素の制御を可能にするものであれば、どの種類のデバイスまたはコントローラであってもよい。たとえば、マイクロチップ、マイクロコントローラ、または遠隔コマンドで動作する装置を用いることができる。

【0022】例示的な一実施例では、照明源12および12'により生じる照明は実質的に白色の光であるが、これに代わる実施例では異なる照明を生じさせることもある。たとえば、赤外光、赤色光、青色光または緑色光を生じさせることがある。さらに、一実施例で照明源12および12'は同じ照明スペクトルを生じさせ、これに代わる実施例では各々の照明源は異なったスペクトルを生じさせ得る。照明源12および12'の各々は、たとえば電燈またはLEDなどの個別の光源であっても、LEDリングとなったいくつかのLEDなどの光源組であっても、または重複する光源組であってもよい。

【0023】好ましくは、患者はカプセル1を飲み込み、カプセルは患者の胃腸管を通り抜ける。好ましくは、カプセル1は画像を取得する嚥下可能カプセルであるが、別種の装置であってもよく、画像情報に追加される情報を収集できる。たとえば、この発明の一実施例に従うシステムおよび方法は、患者の腹部内に埋め込まれた装置を採用できる。さらに、カプセルを含む一実施例では、異なった構成の構成要素およびシステムがカプセル内に含まれ得る。たとえば制御ユニットを送信機内に組込むことがあり、さらにCMOS撮像装置以外の撮像装置を用いることもできる。

【0024】例示的な一実施例では、カプセル1が患者の胃腸管を通り抜ける間に、カプセル1は画像およびこ

とによるとその他のデータを、患者の身体の外側に位置するデータ受信およびデータ処理構成要素に送信する。好ましくは、異なった照明源を用いた2つの画像が20ミリ秒だけ隔てて取得され、カプセル1に記憶される1バーストの情報として送信される。1秒後にさらなる2つの画像が取得される。他の時間差分を用いてもよい。2つの画像は、2つの別々の画像として送信されても、またはこれに代えて、送信前に処理および混合(interlace)または組合わせられて1つの画像となってもよい。画像は、送信前にビットまたは画素で交互配置(interleave)することで組合わせても、または他で交互配置もしくは組合わせてもよい。これに代えて画像を公知の方法で多重化することもできる。代替実施例では他の画像化レートおよび他のタイミング方式を用いることもある。カプセル1は胃腸管を通じ(ことによると定常の期間で)動くため、典型的に各画像フレームは異なり、これにより生体内部位100の連続した画像は異なる。

【0025】図2を参照すると、この図はこの発明の一実施例に従う生体内画像化システムの概略図を示す。患者の体外の1つ以上の場所に、画像取得装置から画像情報を受信するための画像受信機20、画像受信機20で画像データを記憶するための画像受信機記憶ユニット22、画像データを処理するためのデータプロセッサ24、データプロセッサ24により用いられる画像データを記憶するためのデータプロセッサ記憶ユニット26、および、主にカプセル1により送信され画像受信機20により記録された画像を表示するための画像モニター28が位置付けられる。画像受信機20はアンテナまたはアンテナ列15を含むことが好ましい。好ましくは、画像受信機20および画像受信機記憶ユニット22は小さく携帯式のものであり、画像の記録中に患者の身体に着用される。好ましくは、データプロセッサ24、データプロセッサ記憶ユニット26およびモニター28は、パーソナルコンピュータまたはワークステーションの或る部分であり、これはプロセッサ24、メモリ、ディスクドライブ、および入出力装置などの標準的な構成要素を含むが、これに代わる構成もまた可能である。この発明の実施例に従う生体内画像取得装置からの画像およびその他のデータを取得、処理および記録するために、他のシステムを用いることもできる。たとえば、生体内画像取得装置をワイヤで記録装置に取付けることができる。

【0026】或る実施例で画像取得装置は、好ましくは選択的に動作可能または切換可能な複数の光源を含み、これらは生体内部位の3次元的な様相を取得するための、安価で容易でありかつコンパクトなシステムを可能にする。光源は高速の態様で選択的に動作可能であることが好ましい。この発明の一実施例では、生体内部位の3次元データ(たとえば画像深度データ)および表面配向データは、生体内部位に対し各々が異なった角度または配向にある複数の照明源から部位を照明することで入

手される。異なった角度または配向からの照明は、照明源を互いに隔てることによって、または照明を異なった方向で生じさせる照明源をまとめて位置付けるなど代替の方法によって達成され得る。

【0027】このような実施例の1つでは、同じ部位から反射された照明により生じる異なった画像は、組合わされることも、別々に観察されることも、ともに観察されることも、または部位の3次元的な様相についての情報を使用者に与えるように処理されることもある。一実施例では、各光源は選択的に動作可能であり、異なった期間の間部位を照明する。これら期間は別々であっても、または重複してもよい。別の実施例では、光源は照明を同時に与え得る。異なった時間に多数の光源で照明される場合、照明期間の各々の間に部位の画像が入手され、各画像は照明源の各々から部位に対するそれぞれの角度で照明された部位を描く。周期的な照明の各々の間に入手された画像は異なった遠近法的関係を描く。部位の表面にある突出部および凹凸により引き起こされる影、ならびに表面トポグラフィの陰影および色づけは、各画像において異なる。たとえば、照明源の角度に依存して影のサイズおよび方向は変化する。

【0028】代替実施例では、照明源を完全にオンまたは完全にオフに選択的に動作させる代わりに、或る光源を減光させたり、またはその照明を或る時間で変化させることによって、表面配向および3次元情報の取得を可能にする効果をもたらすことができる。さらに実施例によっては、さまざまな照明源は異なった照明スペクトル(たとえば赤、緑または青のスペクトル、赤外スペクトルまたは紫外スペクトル)をもたらすこともある。このような実施例では、異なったスペクトルを有する各々のチャンネルについて照明の方向が異なるように、もたらされる照明を整えることもある。

【0029】画像は、生体内部位の表面配向についてのデータを入手するために処理されて、3次元または表面配向データの表示を可能にする形式で使用者に呈示され得る。好ましくは、この発明の実施例に従うシステムおよび方法は、広いスペクトルの電磁エネルギーを利用し、複数の画像センサの使用を必要とせず、このため既存の生体内画像化システムをこのような実施例で容易に利用できる。これに代わる実施例では、多数の画像センサを用いることもできる。

【0030】好ましくは、情報は各々のビューまたは部位につき複数のサブ画像を含むように集められ、各々のサブ画像は異なった照明の遠近法的関係を用いた部位の画像を含む。図1を参照して、生体内部位100は凹凸110を含み、ポリープ120などの病変を含み得る。凹凸110およびポリープ120は3次元の特徴を有する。動作中、照明源12からの可視光線などの電磁放射は、第1の期間中に第1の角度で生体内部位100を照明する。撮像装置14が同期されて、照明源12による

照明期間中の生体内部位の画像が入手される。好ましくは、照明源12および12'ならびに撮像装置14は、制御ユニット5の制御下にある。撮像装置14で入手した画像は、第1の角度から照明された生体内部位100を、影も含んで描く。撮像装置14で取得した画像は、送信機およびアンテナ18によって受信機20へ送信される。第2の期間中に、照明源12'からの電磁放射は第2の角度で生体内部位100を照明するが、第2の期間は第1の期間と重複しないことが好ましい。好ましくは、照明源12'と12とは互いに隔てられて或る距離だけ離されるため、第1の角度は第2の角度とは異なり、照明光線の配向は異なる。例示的な一実施例では、照明源は1.5ミリメートルから3ミリメートルだけ隔てられ、別の実施例で照明源はおよそ1センチメートル隔てられる。これに代わる実施例では他の距離を用いることもできる。一般的に、距離が大きいくほど取得される3次元または表面配向情報は多くなる。照明源が互いに隔てられているとは、ここでは照明を装置から投影する時点で照明源が互いから隔てられていることを指す。

【0031】撮像装置14が同期され、こうして第2の照明期間中の生体内部位画像が入手される。撮像装置14で入手した画像は、第2の角度から照明された生体内部位100を影も含んで描く。一実施例では、照明源12と照明源12'との照明は逐次的で、短い時間間隔をあけて起こり、こうして撮像装置14で取得したビューが2つの画像の取得間で著しく変わることはない。2つの画像の取得間にはおよそ10ミリ秒から20ミリ秒の間隔があることが好ましい。これに代わる実施例では、照明源12および12'の照明期間は重複してもよい。

【0032】撮像装置14で取得した画像を表わすデータは、送信機およびアンテナ18によって、たとえば無線電磁波を用いて画像受信機20へ送信される。生体内部位の各々のビューにつき1組の画像(組はただ1つの画像を含み得る)が取得および送信される。一実施例では、画像の組は多数の画像を含み、その各々が多数の照明源のうち1つからの照明に基づいて取得および送信される。他の実施例では、画像の組はただ1つの画像を含み得る。一実施例では、照明源12および12'の各々は個別の電磁放射源である。さらなる実施例では、照明源12および12'の各々は多数の電磁放射源、たとえば多数の電燈を含み得る。たとえば、照明源12および12'の各々は、リングの半体となった照明源を含み得る。さらなる実施例では3つ以上の照明源を用いることもあり、さらに生体内部位につき3つ以上のビューを生成することもある。或る実施例では、照明源12および12'は互いに近い位置にあるが異なった角度で電磁エネルギーを投影できる。これに代わる実施例では、その他の照明装置、たとえば他の種類の電燈、光ファイバケーブル、または照明方向を変更できる個別の照明装置を用いることもできる。

【0033】画像受信機20は、画像データを画像受信機記憶ユニット22へ転送する。いくつかのデータ収集期間の後、記憶ユニット22に記憶された画像データは、データプロセッサ24またはデータプロセッサ記憶ユニット26へ送られる。たとえば、画像受信機記憶ユニット22を患者の身体から外して、たとえば公知の構造のシリアルインターフェイスまたはパラレルインターフェイスなどの標準的なデータリンクを介して、データプロセッサ24およびデータプロセッサ記憶ユニット26を含むパーソナルコンピュータまたはワークステーションと接続できる。次に画像データは、画像受信機記憶ユニット22からデータプロセッサ記憶ユニット26へ転送される。データプロセッサ24はデータを解析し、解析したデータを画像モニタ28に与え、ここでたとえば画像データおよびことによるとその他の情報を保健専門家が観察する。これに代わる実施例では画像データは記憶されなくてもよく、直接データプロセッサへ転送またはすぐに表示されてもよい。

【0034】収集および記憶された画像データは、無期限的に記憶、他の場所へ転送、または操作もしくは解析され得る。保健専門家はこれら画像を用いて胃腸管の病理状態を診断し、システムはさらにこれら病変の場所についての情報をもたらし得る。まずデータプロセッサ記憶ユニット26がデータを収集してからデータをデータプロセッサ24へ転送するシステムを用いると、画像データは実時間で観察されないが、他の構成では実時間観察が可能である。画像モニタ28は、好ましくは静止画および動画の形で画像データを呈示し、加えて他の情報も呈示し得る。例示的な一実施例では、さまざまなカテゴリの情報がウィンドウに表示される。多数のモニタを用いて画像およびその他のデータを表示することもある。

【0035】カプセル40により記録および送信される画像データはデジタルカラー画像データであることが好ましいが、これに代わる実施例では他の画像形式を用いることもできる。例示的な一実施例で画像データの各フレームは、各々256の画素からなる256の行を含み、各画素は公知の方法に従った色および輝度についてのデータを含む。たとえば、各々の画素において色は4つのサブ画素のモザイクによって表わされ得るが、ここで各々のサブ画素は赤、緑または青などの原色に対応する(原色のうち1つは二度表わされる)。画素全体の輝度は1バイト(すなわち0-255)の輝度値で記録される。画像はデータプロセッサ記憶ユニット26で逐次的に記憶されることが好ましい。記憶されたデータは、色および輝度を含む1つ以上の画素特性からなる。

【0036】情報収集、記憶および処理は或るユニットにより実行されることが好ましいが、この発明のシステムおよび方法はこれに代わる構成で実施してもよい。さらに、画像情報を集める構成要素をカプセルに収める必

要はなく、内視鏡、ステント、カテーテル、および針など、人体の内腔を通り抜けるのに好適な他のいかなる移送体に収めてもよい。

【0037】例示的な一実施例では、取得した画像の3次元および表面配向様相を使用者が見ることを可能にする画像データが使用者に呈示される。次元知覚が得られるように画像対を呈示するのに好適であれば、どのような方法を用いてもよい。たとえば、各々のフレームについて、第1および第2の画像を交替する時間シーケンスなどの時間シーケンスで観察者に呈示できる。この方法では、画像間における表面トポグラフィのあらゆる相違が動きとして知覚され、こうしてあたかも深度および次元があるかのように見える。

【0038】代替実施例では、データプロセッサ24または別のデータ処理ユニットが画像データを処理して、各々の画像対から、3次元および表面配向情報を描く2次元的または立体画像を作成できる。データプロセッサは、たとえば1画像の様相を別の画像から減じることにより、画像間の相違を際立たせることができる。その他の種類の処理を実行することもできる。使用者は、結果として生じた画像を2次元画像として観察することも、または画像を立体画像もしくは3次元的画像として観察することもできる。たとえば、切換式眼鏡 (switched glasses)、偏光眼鏡、もしくは色眼鏡などの公知の方法、または観察者の左目および右目に別個の像を与える他のあらゆる好適な態様を用いることが可能である。切換式眼鏡を用いる場合、データプロセッサは、異なった時間にどのレンズが不透明でどのレンズが透明かを制御し、こうして1つのスクリーンからのデータを異なる目に送ることが可能となる。偏光眼鏡または色眼鏡を用いた場合、異なった画像データを各々の目に送ることができる。

【0039】実施例によっては、データプロセッサ24はたとえば公知の「影から形状 (shape from shadow)」の方法を用いて画像を処理し得るが、この方法はたとえばローレンス・B. ウルフ (Lawrence B. Wolf) およびエリ・エンジェロプルー (Elli Angelopoulos) による「測光比率を用いた3次元立体写真 (3-D Stereo Using Photometric Ratios)」S P I E、Vol. 2065、194~209頁に記載のものなどである。このような実施例でデータプロセッサ24は、各画像対に描かれた影を比較して生体内部位100のデータ表面配向を生成する。データプロセッサ24は他の方法で画像を処理することもできる。

【0040】図3は、この発明の一実施例に従う方法を例示する流れ図である。図3を参照して、ステップ300において画像化装置は画像化する部位を第1の遠近法的関係から照明する。画像化装置は嚙下可能カプセルであることが好ましい。これに代わる実施例では、内視鏡などの他の画像化装置を用いることもある。

【0041】ステップ310で、部位が第1の遠近法的関係から照明されている間に画像が画像化装置によって取得される。

【0042】ステップ320で、画像化装置は画像化する部位を第2の遠近法的関係から照明する。第1の遠近法的関係および第2の遠近法的関係からの照明は、2つの空間的に隔てられた照明装置によってもたらされることが好ましい。これに代わる実施例では、他の照明方法、たとえば光ファイバケーブル、まとめて位置付けられるが異なった角度で照明を投影する照明装置、または照明方向を変更できる個別の照明装置などを用いてもよい。

【0043】ステップ330で、部位が第2の遠近法的関係から照明されている間に画像が画像化装置により取得される。これに代わる実施例では、各々の部位につき3つ以上の画像を取得することもある。

【0044】ステップ340で、画像は画像取得装置から転送される。画像は好ましくは、生体内部位のビューに対応する各組が取得されてから送信される。これに代わる実施例では、各々の画像は各々が取得された後に転送されることもあり、またはその他の態様で転送されることもある。

【0045】ステップ350で、使用者が生体内部位の3次元および表面配向様相を見ることができ態様で、画像データが使用者にとって観察可能となる。

【0046】これに代わる実施例では、その他のステップおよび一連のステップを用いることもできる。たとえば、3次元および表面配向情報を含む画像データを取得する他の方法を用いることができる。生体内部位の各々のビューにつき多数の画像を取得する代わりに、3次元および表面配向データを各々の入手した画像に含めることができる。一実施例では、多数の照明源により同時に照明される生体内部位の画像を入手する。この単一の画像はコンピュータによって多数の画像に分けられても、または使用者が3次元および表面配向データを認めることができるように表示されてもよい。

【0047】図4を参照すると、この図はこの発明の一実施例に従う生体内画像取得装置を示す。カプセル1は図1に示したものと同様の態様で機能し、複数の照明源12および12'、撮像装置14、ならびに光学窓8を含む。カプセルは制御ユニット5、電源16ならびに送信機およびアンテナ18を含む。照明源12および照明源12'の各々は異なった波長の電磁放射を生成する。撮像装置14には交替する区画に分割された、モザイクフィルタ122などのフィルタが備え付けられ、これら区画は、照明源12および照明源12'の各々により生成される電磁スペクトルの所定の帯域幅に対して感知可能である。モザイクフィルタ122の交替する各区画は、それが感知可能である所定の帯域幅の電磁スペクトルでのみ電磁エネルギーが撮像装置14に達することを許

す。照明源 12 および照明源 12' の各々は同時に動作させられる。撮像装置 14 により入手される各々の画像は複数の区画からなり、各々の区画は照明源 12 または照明源 12' のいずれかからの情報を含む。複数の画像でなく、3 次元または表面配向情報を含む画像 1 つがビューごとに送信される。これに代わる実施例では他の種類のフィルタを用いることもでき、図示したモザイクフィルタは異なった構成であってもよい。たとえば、異なった色または異なったパターンのモザイクフィルタを用いることができる。

【0048】たとえば照明源 12 が赤色光を発し、照明源 12' が緑色光を発することができる。このような実施例では、撮像装置 14 上のフィルタは交替する区画によって赤色光および緑色光に対し感知可能である。モザイクフィルタ上の、赤に対して感知可能である区画は、赤照明源によりその照明期間中に発せられて生体内部位 100 により反射された赤色光が、撮像装置に達することを許す。同様に、撮像装置のモザイクフィルタ上の、緑に対し感知可能である区画は、緑照明源によりその照明期間中に発せられて生体内部位 100 により反射された緑色光が撮像装置に達することを許す。

【0049】撮像装置によってそれぞれの照明期間中に入手された画像は、さまざまな態様で（たとえばデータプロセッサ 24 により）処理されて、使用者に表示され得る。たとえば使用者は、赤緑眼鏡を用いて 3 次元画像を観察することができる。これに代わる実施例では、画像の中にある遠近法的な多数の画像データは、上述のものなどの 2 次元画像、または 3 次元画像の 2 次元表現を作成するのに用いられ得る。

【0050】さらなる実施例では、表面配向または 3 次元様相についての情報を他の態様、たとえばテキストまたはグラフの形で使用者に呈示することができる。たとえば、さまざまな点での深度の描写（生体内部位 100 の表面に対する正または負）を、使用者に呈示するグラフを作成することができる。このような示度は、たとえばさまざまな点での凹みまたは突出部を描く -10 から 10 の尺度などの数であっても、または色であってもよく、ここでさまざまな色の各々が凹みまたは突出部を描く。これに代わる実施例では、生体内部位 100 のビューはさまざまな点で深度データ（たとえば凹みまたは突出部のデータを描く -10 から 10 の尺度での数）によって描かれ分類され得る。さらなる実施例では、予め定められた基準に従い、たとえば凹状、凸状、滑らかまたは粗いなどのカテゴリとして、ビューまたはビューのさまざまな区域の配向が記述され得る。このようなデータは、たとえば公知の「影から形状」アルゴリズムから生成され得る。

【0051】入手される画像の各々が 3 次元および表面配向データを含むさらなる実施例では、多数の照明源が生体内部位を同時に照明でき、ここで照明源のうち或る

ものは、赤外または紫外（UV）照明などのマーカー照明を含む。マーカー照明のスペクトルは照明源のスペクトルと重複しないことが好ましい。このようなマーカー照明は、照明源または追加の光源により生成され得る。追加のマーカー照明は多数の照明源を区別する助けとなる。

【0052】図 5 を参照すると、この図はこの発明の一実施例に従う生体内画像取得装置を示す。カプセル 1 は図 1 に示すものと同様の態様で機能し、複数の照明源 12 および 12'、撮像装置 14 および光学窓 8 を含む。カプセルは制御ユニット 5、電源 16、ならびに送信機およびアンテナ 18 を含む。好ましくは、照明源 12 および照明源 12' の各々は、同じ波長の電磁放射を生成する。カプセル 1 は追加の光源 13 を含み、これは照明源 12 と実質的に類似の位置および角度からマーカー照明をもたらす。事実上、追加の光源 13 はマーカー照明を照明源 12 に追加する。光線 200 は照明源 12 により生成される電磁放射を表わし、光線 210 は照明源 12' により生成される電磁放射を表わし、光線 220 は光源 13 により生成される電磁放射を表わす。光線 220 は、光線 200 と実質的に同じ角度および実質的に同じ位置から、生体内部位 100 に対して投影されることが好ましい。一実施例では、照明源 12、12' および 13 は同時に動作させられ、1 つの画像が取得および送信される。画像は異なったビューへ分けられ、こうして 3 次元および表面配向情報もたらされ得る。

【0053】撮像装置 14 には、交替する区画に分割されたモザイクフィルタ 122 などのフィルタが備え付けられ、これら区画は電磁スペクトルの異なった帯域幅に対し感知可能である。或る区画は光源 13 により生成された電磁放射の通過を許す。他の区画は照明源 12 および 12' により生成された電磁放射の通過を許す。或る実施例では、区画は光源 12 および 12' により生成された照明を、赤、緑および青のスペクトルなど異なったスペクトル帯域へフィルタ処理することができ、他の実施例で区画は、光源 12 および 12' により生成されたスペクトルの実質的に全体が通過することを許し得る。モザイクフィルタ 122 の交替する各区画は、それが感知可能である所定の帯域幅の電磁スペクトルでのみ電磁エネルギーが撮像装置 14 に達することを許す。好ましくは、照明源 12 および照明源 12' の各々は同時に動作させられる。撮像装置 14 により入手される各画像は複数の区画からなり、各区画は照明源 12 および照明源 12'（もしくはこの一部）、または光源 13 のいずれかからの情報を含む。一実施例で光源 13 は、赤外放射などの、遠近法的関係をマークするのに用いる或る周波数の電磁放射を生成し、照明源 12 および 12' は可視光など他の照明を生成する。これに代わる実施例では、照明源は異なったスペクトルを生成することがあり、これにより別個のマーカー源は必要でなくなるであろう。マ

17

一カー照明は、たとえば紫外放射など赤外放射以外のスペクトルを含み得る。

【0054】図6を参照すると、この図はこの発明の一実施例で用いるフィルタの一部を示す。一実施例では、フィルタ22は反復されるパターンの区域を含み、各区域は複数のセルを含む。各セルは、或るスペクトルの電磁放射が撮像装置14へと通過することを許す。たとえばセル230は赤色光の通過を許し、セル240は青色光の通過を許し、セル250は緑色光の通過を許し、セル260は赤外放射の通過を許す。フィルタ22は多く10の区域およびセルを含むことが好ましい。一実施例では、撮像装置14により記録される各画素につき1区域が含まれる。

【0055】画像は取得後に、たとえば上述の方法を用いるなどさまざまな態様で使用者に表示され得る。一実施例では、1区域からの、区域のすべてのセルを含む電磁エネルギーが、撮像装置14の各画素で記録される。画像の処理中に、光源13の既知の周波数を、セル260により与えられる情報とともに用いることによって、所望の2つのビューの各々について異なった画素表現を生成する。たとえば各画素についての光源13の強度は、20照明源12により生成されるこの画素についての電磁エネルギーの割合に関するマーカーとして用いられ得る。

【0056】これに代わる実施例では、赤外放射などのマーカーを生成するための追加の光源を用いなくてもよい。たとえば、2つの照明源の各々が異なったスペクトルの電磁放射をもたらしてもよく、反射および取得された画像での相違が3次元情報を生成するのに用いられ得る。

【0057】さらなる実施例では、各セルからの電磁エネルギーは撮像装置14の1つの画素により記録される。30画像処理中、照明源13の既知の周波数を、セル260*

18

*によりもたらされる情報とともに用いることによって、所望の2つのビューの各々について異なった画素表現を生成する。たとえば各画素についての光源13の強度は、光源13と関連付けられた光源（たとえば光源12）の周波数での光を集める、或る関連付けられた画素についての電磁エネルギーの割合に関するマーカーとして用いられ得る。

【0058】この発明は、上に特定のし示し説明したものに限定されないことが当業者であれば理解されるであろう。この発明の範囲内にある代替実施例が企図されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施例に従う生体内画像取得装置を示す図である。

【図2】 この発明の一実施例に従う生体内画像化システムを示す概略図である。

【図3】 この発明の一実施例に従う方法を例示する流れ図である。

【図4】 この発明の一実施例に従う生体内画像取得装置を示す図である。

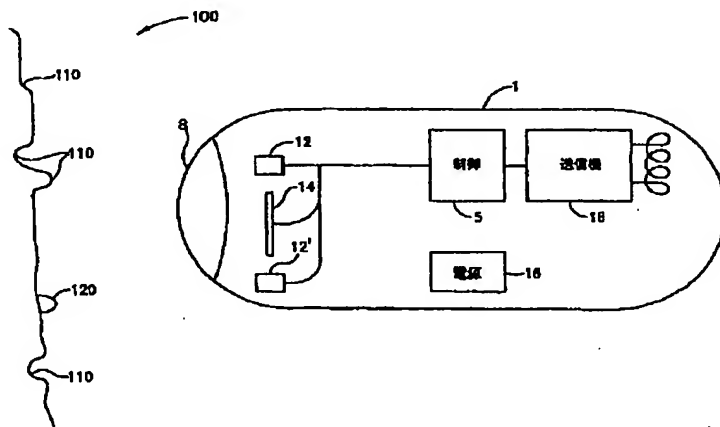
【図5】 この発明の一実施例に従う生体内画像取得装置を示す図である。

【図6】 この発明の一実施例で用いられるフィルタの一部を示す図である。

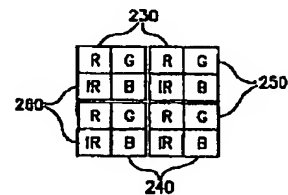
【符号の説明】

1 カプセル、5 制御ユニット、8 光学窓、12 照明源、12' 照明源、13 追加の照明源、14 撮像装置、16 電源、18 送信機およびアンテナ、20 画像受信機、22 画像受信機記憶ユニット、24 データプロセッサ、26 データプロセッサ記憶ユニット、28 画像モニタ、100 生体内部位、110 凹凸、120 ポリープ。

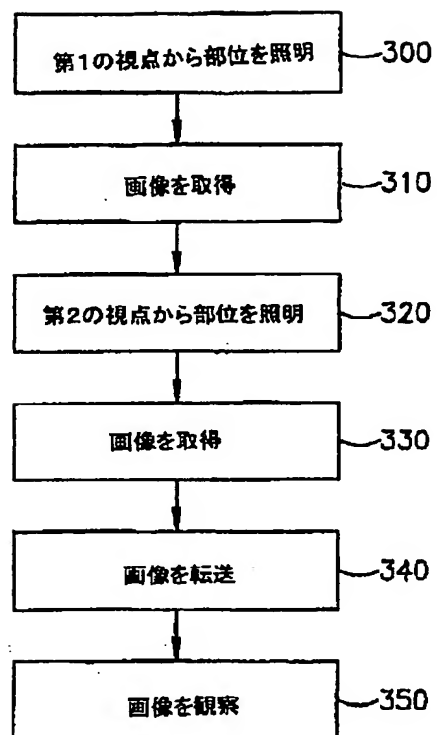
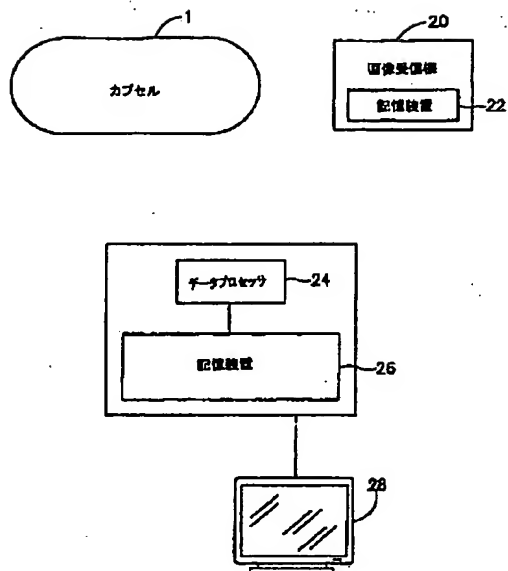
【図1】



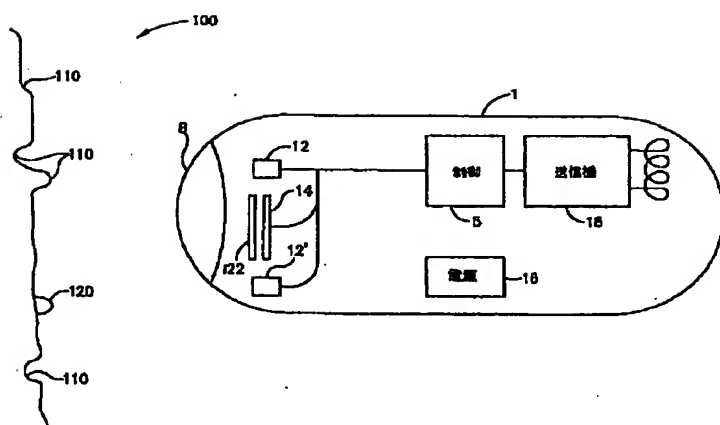
【図6】



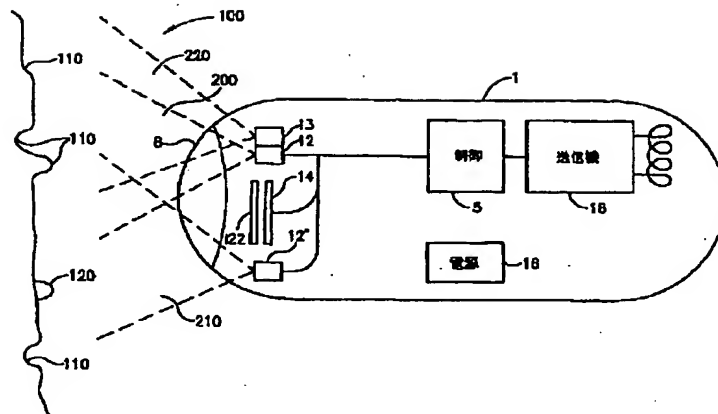
【圖3】



【圖 4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 ハノク・キスレフ
 イスラエル、30900 ズィクロン・ヤーク
 フ、デレク・ハシタ・ドライブ、35・ビィ
 (72)発明者 ガブリエル・メロン
 イスラエル、49556 ベタク・ティクバ、
 クファー・ガニム、ウェイズマン・ストリ
 ート、21

Fターム(参考) 4C061 CC06 DD10 JJ19 LL02 MM05
 QQ06 QQ07 SS21 UU06 UU08
 VV03 WW20 YY01 YY12 YY18
 5C022 AA09 AB15 AC42 AC73
 5C054 AA02 CC02 CD01 CH02 EA01
 EA05 FF07 HA12

【外国語明細書】

1. Title of Invention

**In-vivo imaging system, method for capturing in-vivo images, and system
and method for presenting images**

2. Claims

1. An in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site, the system comprising a swallowable capsule including at least:
an imager, and
a plurality of illumination sources, wherein each of the plurality of illumination sources are operated in a separate time period.
2. The system according to claim 1 wherein at least two of the plurality of illumination sources are configured to illuminate an in vivo site from different angles.
3. The system of claim 1, wherein at least one of the plurality of illumination sources produces an illumination level which differs from the illumination level produced by a different one of the plurality of illumination sources.
4. The system of claim 1, wherein each of the plurality of illumination sources produces illumination of the same spectrum.
5. The system of claim 1 wherein the capsule comprises a transmitter for transmitting image data.
6. The system of claim 1 wherein the capsule comprises a battery.
7. The system of claim 1 comprising a controller configured to control the illumination sources in a selective manner.

8. The system of claim 1 comprising a receiving unit configured to receive transmitted image data.
9. The system of claim 8 comprising a processor configured to create from an image pair a single image portraying three-dimensional and surface orientation information.
10. An in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site, the system comprising a swallowable capsule including at least:
 - an imager; and
 - a plurality of illumination sources, wherein each of the plurality of illumination sources is capable of producing a different spectrum.
11. The system of claim 10, wherein at least one of the illumination sources produces illumination in the infra-red spectrum.
12. The system of claim 10, wherein at least one of the illumination sources produces illumination in the UV spectrum.
13. The system of claim 10 wherein the capsule comprises a transmitter.
14. The system according to claim 10 wherein the capsule comprises a mosaic filter.
15. The system of claim 10 comprising a receiving unit configured to receive transmitted image data.
16. The system of claim 15 comprising a processor configured to create from an image pair a single image portraying three-dimensional and surface orientation information.
17. A method for capturing in-vivo images, the method comprising:
 - illuminating an in vivo site with a set of illumination sources non-simultaneously;
 - and

capturing a set images of the site using an imager contained within a swallowable capsule, at least two images in the set illuminated using different subsets of illumination sources.

- 18. The method of claim 17 comprising transmitting the images via a wireless link.
- 19. The method of claim 17 comprising passing light through a segmented filter.
- 20. The method of claim 17 wherein the step of illuminating an in vivo site comprises illuminating in at least two different illumination levels.

21. A method for capturing in-vivo images, the method comprising:
illuminating an in vivo sight with at least two illumination sources, said illumination sources producing different spectrums; and

capturing a set of images of the site using an imager contained within a swallowable capsule.

- 22. The method of claim 21 comprising transmitting the images via a wireless link.
- 23. The method of claim 21 wherein at least one of the illumination sources produces illumination in the infra-red spectrum.
- 24. The method of claim 21, wherein at least one of the illumination sources produces illumination in the UV spectrum.
- 25. The method of claim 21, wherein at least one of the illumination sources produces substantially white light.
- 26. The method of claim 21, wherein the spectral content of at least two of the illumination sources is the same, the method comprising:

when capturing a first image using a first of the illumination sources, providing illumination from a third illumination source, wherein the illumination from the third

illumination source differs in its spectral content from that of a second of the illumination sources.

27. An in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site, the system comprising a swallowable capsule, said capsule comprising:

an imager; and

a plurality of illumination sources, wherein the plurality of illumination sources are spaced from one another and selectively operable, such that the combination of the plurality of reflected images produced by illumination from the plurality of illumination sources provides information on the three-dimensional aspects of the in-vivo site.

28. The system of claim 27, wherein each of the plurality of illumination sources are operated in a separate time period.

29. The system of claim 27, wherein:

each of the plurality of illumination sources are operated in the same time period;

and

at least one of the plurality of illumination sources produces illumination in a spectrum which differs from the spectrum of illumination produced by a different one of the plurality of illumination sources.

30. The system of claim 27, wherein each of the plurality of illumination sources produces illumination of the same spectrum.

31. The system of claim 27 wherein the capsule comprises a transmitter.

32. The system of claim 27, wherein at least one of the illumination sources produces illumination in the infra-red spectrum.

33. The system of claim 27, wherein at least one of the illumination sources produces substantially white light illumination.
34. An in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site, the system comprising:
an imager;
a transmitter; and
a plurality of illumination sources, wherein at least one of the plurality of illumination sources produces illumination in a spectrum which differs from the illumination produced by at least a second one of the plurality of illumination sources.
35. An in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site, the system comprising:
an imager;
a transmitter; and
a plurality of illumination sources, wherein each illumination source provides light from a different angle, each illumination source being selectively operable.
36. The system of claim 35, wherein each of the plurality of illumination sources are operated in a separate time period.
37. A system for presenting images comprising:
a processor accepting a series of images from an in-vivo imager, the series of images including surface orientation information, and outputting graphics images displaying such images to a user such that the user may perceive surface orientation aspects of the images.
38. The system of claim 37, wherein the in-vivo imager is contained in a capsule.

39. The system of claim 38, wherein for each image the surface orientation information is recorded by at least a plurality of sub-images, each sub-image including an image of a site using a different lighting perspective.

40. A system for presenting images comprising:

a processor means accepting a series of images from an in-vivo imager, the series of images including surface orientation information, and outputting graphics images displaying such images to a user such that the user may perceive stereoscopic information.

41. A method for presenting images comprising:

accepting a series of images from an in-vivo imager, the series of images including surface orientation information; and

outputting graphics images displaying such images to a user such that the user may perceive surface orientation aspects of the images.

42. The method of claim 41, wherein the in-vivo imager is contained in a capsule.

43. The method of claim 41, wherein for each image the surface orientation information is recorded by at least a plurality of sub-images, each sub-image including an image of a site using a different lighting perspective.

3. Detailed Description of Invention

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to an in-vivo imaging device and a system and method such as for imaging a body lumen; more specifically, to a device and method providing stereoscopic or three-dimensional images of and determination of the surface orientation of an in-vivo site.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Various in-vivo measurement systems for examining a body lumen are known in the art. The most common type of system is an endoscope. Endoscopes are devices which include a tube (either rigid or flexible) and other equipment such as an optical system, and which are introduced into the body to view the interior. In-vivo imager systems exist which capture images using a swallowable capsule. In one such system, the imager system captures and transmits images of the GI tract to an external recording device while the capsule passes through the GI lumen.

Devices such as endoscopes, swallowable capsules and other imaging systems typically provide two dimensional images of body cavities, such as, for example, the GI tract. Thus, the surface orientation and three-dimensional nature of the site cannot be easily determined. Certain structures or conditions existing in body cavities have three-dimensional nature, the capture and presentation of which aids in their diagnosis or understanding. For example, in the GI tract, the viewing of, for example, polyps, lesions, open wounds or sores, swelling, or abnormal patterns of villi may be enhanced with three-dimensional, surface orientation or image depth information. When used herein, the surface orientation of an object or a surface is meant to include the information on the three-dimensional aspects of the object or surface, including but not limited to bumps, protrusions, raised portions, indentations, and depressions.

Certain endoscopes providing three-dimensional measurements exist, such as that described by Yokata, U.S. Patent 4,656,508. However, such systems are relatively complex and expensive, and take up enough space so that they may not be used with smaller imaging systems, such as swallowable imaging systems. Furthermore, surface feature reconstruction is more difficult with such systems.

Therefore, there is a need for an in-vivo imaging system which effectively and easily captures the three-dimensional aspects of the structures viewed.

SUMMARY OF THE INVENTION

An embodiment of the system and method of the present invention provides in-vivo images including stereoscopic, three-dimensional, surface orientation or image depth information. An in-vivo site is illuminated by a plurality of sources, and the resulting reflected images may be used to provide three-dimensional or surface orientation information on the in-vivo site. In one embodiment, the system includes a swallowable capsule.

In one embodiment, a system for imaging an in-vivo site includes a swallowable capsule including at least an imager; and a plurality of illumination sources, wherein each of the plurality of illumination sources are operated in a separate time period. At least two of the plurality of illumination sources may be configured to illuminate an in vivo site from different angles. At least one of the plurality of illumination sources may produce an illumination level which differs from the illumination level produced by a different one of the plurality of illumination sources. In one embodiment, each of the plurality of illumination sources may produce illumination of the same spectrum. The capsule may include a transmitter, and may include a battery. The capsule may include a controller configured to control the illumination sources in a selective manner. The system may include a receiving unit configured to receive transmitted image data. The system may include a processor configured to create from an image pair a single image portraying three-dimensional and surface orientation information.

Different illumination sources may produce, for example, infra red, UV, white, or other illumination.

In one embodiment, an in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site includes a swallowable capsule including at least an imager; and a plurality of illumination sources, wherein each of the plurality of illumination sources is capable of producing a different spectrum. The capsule may include a transmitter. The capsule may include a mosaic filter. The system may include a receiving unit configured to receive transmitted image data. A processor may be configured to create from an image pair a single image portraying three-dimensional and surface orientation information.

In one embodiment, a method for capturing in-vivo images includes: illuminating an in vivo site with a set of illumination sources non-simultaneously; and capturing a set images of the site using an imager contained within a swallowable capsule, at least two images in the set illuminated using different subsets of illumination sources. The method may include transmitting the images via a wireless link. The method may include passing light through a segmented filter. The step of illuminating an in vivo site may include illuminating in at least two different illumination levels.

In one embodiment, a method for capturing in-vivo images includes: illuminating an in vivo sight with at least two illumination sources, said illumination sources producing different spectrums; and capturing a set of images of the site using an imager contained within a swallowable capsule. The method may include transmitting the images via a wireless link. In one embodiment, the spectral content of at least two of the illumination sources is the same, and method includes: when capturing a first image using a first of the illumination sources, providing illumination from a third illumination source,

wherein the illumination from the third illumination source differs in its spectral content from that of a second of the illumination sources.

In one embodiment, an in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site includes an in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site, the system including a swallowable capsule, the capsule including: an imager; and a plurality of illumination sources, wherein the plurality of illumination sources are spaced from one another and selectively operable, such that the combination of the plurality of reflected images produced by illumination from the plurality of illumination sources provides information on the three-dimensional aspects of the in-vivo site. Each of the plurality of illumination sources may be operated in a separate time period, or alternately the same time period. At least one of the plurality of illumination sources may produce illumination in a spectrum which differs from the spectrum of illumination produced by a different one of the plurality of illumination sources. Alternately, each illumination source may produce illumination of the same spectrum.

In one embodiment, an in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site includes an imager; a transmitter; and a plurality of illumination sources, wherein at least one of the plurality of illumination sources produces illumination in a spectrum which differs from the illumination produced by at least a second one of the plurality of illumination sources.

In one embodiment, an in-vivo imaging system for imaging an in-vivo site includes an imager; a transmitter; and a plurality of illumination sources, wherein each illumination source provides light from a different angle, each illumination source being

selectively operable. In one embodiment, each of the plurality of illumination sources are operated in a separate time period.

In one embodiment, a system for presenting images includes a processor accepting a series of images from an in-vivo imager, the series of images including surface orientation information, and outputting graphics images displaying such images to a user such that the user may perceive surface orientation aspects of the images. The in-vivo imager may be contained in a capsule. For each image the surface orientation information may be recorded by at least a plurality of sub-images, each sub-image including an image of a site using a different lighting perspective.

In one embodiment, a system for presenting images includes a processor means accepting a series of images from an in-vivo imager, the series of images including surface orientation information, and outputting graphics images displaying such images to a user such that the user may perceive stereoscopic information.

In one embodiment, a method for presenting images includes: accepting a series of images from an in-vivo imager, the series of images including surface orientation information; and outputting graphics images displaying such images to a user such that the user may perceive surface orientation aspects of the images. The in-vivo imager may be contained in a capsule. For each image the surface orientation information may be recorded by at least a plurality of sub-images, each sub-image including an image of a site using a different lighting perspective.

DETAILED DESCRIPTION

In the following description, various aspects of the present invention will be described. For purposes of explanation, specific configurations and details are set forth in order to provide a thorough understanding of the present invention. However, it will also be apparent to one skilled in the art that the present invention may be practiced without the specific details presented herein. Furthermore, well known features may be omitted or simplified in order not to obscure the present invention.

Embodiments of US Patent No. 5,604,531, assigned to the common assignee of the present application and incorporated herein by reference, describe an in vivo camera system, which is carried by a swallowable capsule. Another in-vivo imaging system is described in International Application Publication No WO01/65995 published 13 September 2001, assigned to the common assignee of the present application and incorporated herein by reference. While embodiments of the system and method of the present invention may be used with devices and methods described in U.S. Patent 5,604,531 and/or International Application Publication No WO01/65995, embodiments of the present invention may be used with other in-vivo imaging systems, having other configurations.

Reference is made to Fig. 1, which depicts an in-vivo image capture device according to one embodiment of the present invention. In an exemplary embodiment, the in-vivo image capture device is a capsule 1 which comprises a plurality of illumination sources 12 and 12', such as light emitting diodes (LEDs), for illuminating the body lumen, and an imager 14, such as a CMOS imager, for obtaining images of an in-vivo site 100. In an embodiment where the image capture device is a capsule 1 which moves through the GI tract, the view of the in-vivo site 100 captured changes with the movement of the image

capture device. Preferably, periodically, a representation of a view of the site 100 is captured including stereoscopic, three-dimensional, surface orientation or image depth information. The illumination sources 12 and 12' and the imager 14 are preferably positioned behind an optical window 8. An optical system, including, for example, lenses or mirrors (not shown), or including optical window 8, may aid in focusing reflected electromagnetic energy onto the imager. A control unit 5 is connected to each of the illumination sources 12 and 12' and to imager 14, to synchronize the preferably non-overlapping periodic illumination of the in-vivo site by each of illumination sources 12 and 12' with the capturing of images by imager 14. The capsule preferably includes a power source 16, such as a battery, which provides power to elements of the capsule 1, and a transmitter and antenna 18 for transmitting images obtained by imager 14 and possibly other information to a receiving device (Fig. 2) via a wireless link. The control unit 5 may be any sort of device or controller enabling the control of components. For example, a microchip, a microcontroller, or a device acting on remote commands may be used.

While in an exemplary embodiment, the illumination produced by the illumination sources 12 and 12' is substantially white light, in alternate embodiments different illumination may be produced. For example, infra-red, red, blue or green light may be produced. Furthermore, while in one embodiment illumination sources 12 and 12' produce the same spectrum of illumination, in alternate embodiments each may produce different spectra. Each of illumination sources 12 and 12' may be, for example, individual sources, such as lamps or LEDs, may be sets of sources, such as certain LEDs in a ring of LEDs, or may be overlapping sets of sources.

Preferably, the capsule 1 is swallowed by a patient and traverses the patient's GI tract. Preferably, the capsule 1 is a swallowable capsule capturing images, but may be another sort of device and may collect information in addition to image information. For example, system and method according to an embodiment of the present invention may employ a device implanted within a patient's abdomen. Furthermore, in an embodiment including a capsule different configurations of components and systems may be included the capsule. For example, the control unit may be incorporated in the transmitter, and an imager other than a CMOS imager may be used.

In an exemplary embodiment, while the capsule 1 traverses a patient's GI tract, the capsule 1 transmits image and possibly other data to components located outside the patient's body which receive and process the data. Preferably, two images using different illumination sources are captured 20 milliseconds apart, stored in the capsule 1, and transmitted as one burst of information; one second later another two images are captured. Other time differentials may be used. The two images may be transmitted as two separate images or, alternately, processed and interlaced or combined into one image before transmission. The images may be combined by interleaving by bit or by pixel before transmission, or otherwise interleaved or combined. Alternately, the images may be multiplexed through known methods. In alternate embodiments, other rates of imaging and other timing schemes may be used. Since the capsule 1 moves through the GI tract (with possibly stationary periods), typically each image frame is different; thus successive images of the in-vivo site 100 differ.

Reference is made to Fig. 2, which depicts a schematic diagram of an in-vivo imaging system according to one embodiment of the present invention. Located outside the

patient's body in one or more locations are an image receiver 20, for receiving image information from an image capture device, an image receiver storage unit 22, for storing image data at the image receiver 20, a data processor 24 for processing image data, a data processor storage unit 26, for storing image data used by the data processor 24, and an image monitor 28, for displaying, *inter alia*, the images transmitted by the capsule 1 and recorded by the image receiver 20. The image receiver 20 preferably includes an antenna or antenna array 15. Preferably, the image receiver 20 and image receiver storage unit 22 are small and portable, and are worn on the patient's body during recording of the images. Preferably, the data processor 24, data processor storage unit 26 and monitor 28 are part of a personal computer or workstation which includes standard components such as processor 24, a memory, a disk drive, and input-output devices, although alternate configurations are possible. Other systems for capturing, processing and recording image and other data from the in-vivo image capture device according to embodiments of the invention may be used. For example, an in-vivo image capture device may be attached by a wire to a recording device.

In certain embodiments, the image capture device includes plurality of preferably selectively operable or switchable light sources, allowing for an inexpensive, easy and compact system for capturing the three dimensional aspects of an in-vivo site. Preferably, the light sources are selectively operable in a high speed manner. In one embodiment of the present invention, three-dimensional data (*e.g.*, image depth data) and surface orientation data of an in-vivo site is obtained by illuminating the site from a plurality of illumination sources, each at a different angle or orientation to the in-vivo site. The illumination from different angles or orientations may be achieved by spacing the

illumination sources from one another by alternative methods, such as co-locating illumination sources producing illumination in different directions.

In such an embodiment, the different images produced by the illumination reflected from the same site may be combined, viewed separately, viewed together, or processed to provide to a user information on the three-dimensional aspects of the site. In one embodiment, each source is selectively operable, and illuminates the site during different time periods. The time periods may be separate, or may be overlapping. In another embodiment, the sources may provide illumination simultaneously. If illuminated by multiple sources at different times, images of the site are obtained during each of the illumination periods, each image depicting the site illuminated from each of the illumination sources at their respective angles to the site. The images obtained during each of the periodic illuminations depict different perspectives. The shadows caused by protrusions and irregularities in the surface of the site, and the shading and coloring of the surface topography, differ in each of the images. For example, the shadows vary in size and direction depending on the angle of the illumination source.

In alternate embodiments, rather than selectively operating illumination sources to be completely on or completely off, certain sources may be dimmed or have their illumination varied at certain times, thereby producing effects enabling the capture of surface orientation and three-dimensional information. Furthermore, in certain embodiment, the various illumination sources may provide different spectra of illumination (e.g., red, green or blue spectra, infra-red spectra or UV spectra). In such embodiments, the illumination provided can be arranged in such way that the illumination direction is different for each channel having a different spectrum.

The images may be processed to obtain data on the surface orientation of the in-vivo site, and may be presented to a user in formats allowing for the display of three-dimensional or surface orientation data. Preferably, a system and a method according to an embodiment the present invention utilize a broad spectrum of electromagnetic energy and do not require the use of more than one image sensor, such that existing in-vivo imaging systems may be easily utilized with such an embodiment. In alternate embodiments, multiple image sensors may be used.

Preferably, for each view or site, information is gathered which includes a plurality of sub-images, each sub-image including an image of a site using a different lighting perspective. Referring to Fig. 1, in-vivo site 100 includes irregularities 110 and may include pathologies, such as polyp 120. Irregularities 110 and polyp 120 have three-dimensional characteristics. During operation, electromagnetic radiation from the illumination source 12, such as visible light rays, illuminates the in-vivo site 100 during a first period at a first angle. The imager 14 is synchronized to obtain an image of the in-vivo site during the period of illumination by illumination source 12. Preferably, the illumination sources 12 and 12' and the imager 14 are under the control of control unit 5. The image obtained by imager 14 depicts the in-vivo site 100 as illuminated from the first angle, including shadows. The image captured by imager 14 is transmitted by way of the transmitter and antenna 18 to the receiver 20. Electromagnetic radiation from the illumination source 12' illuminates the in-vivo site 100 during a second period, preferably not overlapping with the first period, at a second angle. Since the illumination sources 12' and 12 are preferably spaced from one another and separated by a certain distance the first angle is different from the second angle and the orientation of the

illumination beams differs. In an exemplary embodiment, the illumination sources are 1.5 to 3 millimeters apart, in another embodiment the illumination sources are approximately 1 centimeter apart; in alternate embodiments other distances may be used. In general, the greater the distance, the more three dimensional or surface orientation information captured. When used herein, that the illumination sources are spaced from one another indicates that the sources of the illumination at the point the illumination is projected from the device are spaced from one another.

The imager 14 is synchronized to obtain an image of the in-vivo site during the second period of illumination. The image obtained by imager 14 depicts the in-vivo site 100 as illuminated from the second angle, including shadows. In one embodiment, the illumination of illumination source 12 and illumination source 12' is sequential, and occurs with a brief separation of time, in order that the view captured by imager 14 does not change significantly in between the capture of the two images. Preferably, there is a separation of approximately 10 to 20 milliseconds between the capture of the two images. In alternate embodiments, the illumination periods of illumination sources 12 and 12' may overlap.

Data representing the images captured by imager 14 are transmitted by way of the transmitter and antenna 18 to image receiver 20 using, for example, electromagnetic radio waves. For each view of an in-vivo site a set of images (where the set may include only one image) are captured and transmitted. In one embodiment the set of images includes multiple images, each based on illumination from one of multiple illumination sources, are captured and transmitted. In other embodiments, the set of images may include only one image. In one embodiment, each of illumination source 12 and 12' are individual

electromagnetic radiation sources; in further embodiments, each of illumination source 12 and 12' may include multiple electromagnetic radiation sources; for example, multiple lamps. For example, each of illumination source 12 and 12' may comprise half of a ring of illumination sources. In further embodiments, more than two illumination sources may be used, and in addition more than two views per in-vivo site may be generated. In certain embodiments, illumination sources 12 and 12' may be positions close together, but may project electromagnetic energy in different angles. In alternate embodiments other devices for illumination may be used; for example, other types of lamps, fiber optic cables, or individual illumination devices capable of altering the direction of illumination.

Image receiver 20 transfers the image data to image receiver storage unit 22. After a certain period of time of data collection, the image data stored in storage unit 22 is sent to data processor 24 or data processor storage unit 26. For example, the image receiver storage unit 22 may be taken off the patient's body and connected, via a standard data link, *e.g.*, a serial or parallel interface of known construction, to the personal computer or workstation which includes the data processor 24 and data processor storage unit 26. The image data is then transferred from the image receiver storage unit 22 to the data processor storage unit 26. Data processor 24 analyzes the data and provides the analyzed data to the image monitor 28, where a health professional views, for example, the image data and possibly other information. In alternate embodiments, the image data need not be stored, but may be transferred directly to a data processor, or may be displayed immediately.

The image data collected and stored may be stored indefinitely, transferred to other locations, or manipulated or analyzed. A health professional may use the images to diagnose pathological conditions of the GI tract, and, in addition, the system may provide

information about the location of these pathologies. While, using a system where the data processor storage unit 26 first collects data and then transfers data to the data processor 24, the image data is not viewed in real time, other configurations allow for real time viewing. The image monitor 28 presents the image data, preferably in the form of still and moving pictures, and in addition may present other information. In an exemplary embodiment, the various categories of information are displayed in windows. Multiple monitors may be used to display image and other data.

Preferably, the image data recorded and transmitted by the capsule 40 is digital color image data, although in alternate embodiments other image formats may be used. In an exemplary embodiment, each frame of image data includes 256 rows of 256 pixels each, each pixel including data for color and brightness, according to known methods. For example, in each pixel, color may be represented by a mosaic of four sub-pixels, each sub-pixel corresponding to primaries such as red, green, or blue (where one primary is represented twice). The brightness of the overall pixel is recorded by a one byte (*i.e.*, 0-255) brightness value. Preferably, images are stored sequentially in data processor storage unit 26. The stored data is comprised of one or more pixel properties, including color and brightness.

While, preferably, information gathering, storage and processing is performed by certain units, the system and method of the present invention may be practiced with alternate configurations. Furthermore, the components gathering image information need not be contained in a capsule, but may be contained in any other vehicle suitable for traversing a lumen in a human body, such as an endoscope, stent, catheter, needle, etc.

In an exemplary embodiment, the user is presented with image data allowing the user to see the three-dimensional and surface orientation aspects of the captured images. Any suitable method of presenting image pairs to obtain dimension perception may be used. For example, for each frame, the first and second images may be presented to a viewer in a time sequence such as an alternating time sequence. In this method, any difference in surface topography between the images will be perceived as a movement, giving the illusion of depth and dimension.

In alternate embodiments, the data processor 24 or another data processing unit may process the image data to create from each image pair a two-dimensional or stereoscopic image portraying the three-dimensional and surface orientation information. The data processor may, for example, subtract aspects one image from another image to highlight differences between the images; other types of processing may be performed. The user may view the resulting images as two-dimensional images, or may view the images as stereoscopic or three-dimensional images. For example, known methods may be used, such as switched glasses, polarized glasses, or colored glasses, or any other suitable manner of delivering distinct images to the left eye and right eye of a viewer. Using switched glasses, a data processor controls which lens is opaque and which is clear at different times, allowing image data from one screen to be sent to different eyes. Using polarized or colored glasses, different image data may be sent to each eye.

In some embodiments, data processor 24 may process the image using, for example, known shape from shadow methods such as that described in 3-D Stereo Using Photometric Ratios, Lawrence B. Wolff and Elli Angelopoulou, SPIE Vol. 2065 pp. 194-209. In such embodiments, data processor 24 compares the shadows depicted in each image pair to

generate data surface orientation of the in-vivo site 100. The data processor 24 may process the images according to other methods.

Fig. 3 is a flow chart illustrating a method according to an embodiment of the present invention.

Referring to Fig. 3, in step 300, an imaging device illuminates a site to be imaged from a first perspective. Preferably, the imaging device is a swallowable capsule; in alternate embodiments other imaging devices, such as endoscopes, may be used.

In step 310, an image is captured by the imaging device while the site is being illuminated from the first perspective.

In step 320, an imaging device illuminates a site to be imaged from a second perspective. Preferably, the illumination from the first and second perspective is provided by two illumination devices separated spatially. In alternate embodiments other methods of illumination may be used; for example, fiber optic cables, illumination devices which are co-located but which project illumination at different angles, or individual illumination devices capable of altering the direction of illumination.

In step 330, an image is captured by the imaging device while the site is being illuminated from the second perspective. In alternate embodiments more than two images may be captured for each site.

In step 340, the images are transferred from the image capture device. Preferably the images are transmitted after each set corresponding to a view of an in-vivo site are captured. In alternate embodiments, each image may be transferred after each is captured, or in other manners.

In step 350, the image data may be viewed by a user in a manner allowing the user to see the three-dimensional and surface orientation aspects of the in-vivo site.

In alternate embodiments, other steps and series of steps may be used. For example, other methods of capturing image data containing three-dimensional and surface orientation information may be used. Rather than capturing multiple images for each view of an in-vivo site, three-dimensional and surface orientation data may be included in each image obtained. In one embodiment, an image of an in-vivo site is obtained that is simultaneously illuminated by multiple illumination sources. The single image may be computationally separated into multiple images or may be displayed in a manner allowing a user to discern the three-dimensional and surface orientation data.

Reference is made to Fig. 4, which depicts an in-vivo image capture device according to one embodiment of the present invention. The capsule 1 functions in a similar manner to that depicted in Fig. 1, and includes a plurality of illumination sources 12 and 12', an imager 14, and an optical window 8. The capsule includes a control unit 5, a power source 16, and a transmitter and antenna 18. Each of illumination source 12 and illumination source 12' generate electromagnetic radiation of different wavelengths. The imager 14 is fitted with a filter such as a mosaic filter 122 divided into alternating segments that are sensitive to the designated bandwidths of the electromagnetic spectrum generated by the each of illumination source 12 and illumination source 12'. Each alternating segment of the mosaic filter 122 permits electromagnetic energy to reach the imager 14 only in the designated bandwidth of the electromagnetic spectrum for which it is sensitive. Each of illumination source 12 and illumination source 12' is operated simultaneously. Each image obtained by the imager 14 is composed of a plurality of

segments, each segment including information from either illumination source 12 or illumination source 12'. One image containing three dimensional or surface orientation information is transmitted per view, rather than multiple images. In alternate embodiments other types of filters may be used, and the mosaic filter shown may be of a different configuration. For example, a mosaic filter with different colors or a different pattern may be used.

For example, illumination source 12 may emit red light and illumination source 12' may emit green light. In such an embodiment, the filter 22 on the imager 14 is sensitive in alternating segments to red and green light. The segments on the mosaic filter that are sensitive to red will permit red light emitted by the red illumination source during its period of illumination and reflected by the in-vivo site 100 to reach the imager. Likewise, the segments on the imager's mosaic filter that are sensitive to green will permit green light emitted by the green illumination source during its period of illumination and reflected by the in-vivo site 100 to reach the imager.

The images obtained by the imager during the respective periods of illumination may be processed (for example, by data processor 24) and displayed to the user in various manners. For example, the user may view three-dimensional images using red-green glasses. In alternate embodiments, the multiple perspective image data in the image may be used to create three-dimensional images or two-dimensional representations of three-dimensional images, such as those as described above.

In further embodiments, information on surface orientation or three-dimensional aspects may be presented to the user in other manners, for example in textual form or in graph form. For example, a graph may be created which presents the user with a

depiction of the depth (positive or negative, relative to the surface of the in-vivo site 100) at various points. Such indication may be numerical, for example, a -10 to 10 scale depicting indentation or protrusion at various points, or color, with each of various colors depicting indentation or protrusion. In alternate embodiments, a view of the in-vivo site 100 may be depicted, labeled at various points with depth data (e.g., numbers on a -10 to 10 scale depicting indentation or protrusion data). Further embodiments may describe the orientation of a view or various sections of a view as categories such as, for example, concave, convex, smooth or rough according to pre-defined criteria. Such data may be generated from, for example, known shape from shadow algorithms.

In a further embodiment, where each image obtained includes three-dimensional and surface orientation data, multiple illumination sources may simultaneously illuminate an in-vivo site, where certain of the illumination sources includes a marker illumination, such as infra-red or ultra-violet (UV) illumination. The spectrum of the marker illumination preferably does not overlap with the spectrum of the illumination sources. Such marker illumination may be produced by an illumination source or by an additional source. The additional marker illumination aids in distinguishing the multiple illumination sources.

Reference is made to Fig. 5, which depicts an in-vivo image capture device according to one embodiment of the present invention. The capsule 1 functions in a similar manner to that depicted in Fig. 1, and includes a plurality of illumination sources 12 and 12', an imager 14, and an optical window 8. The capsule includes a control unit 5, a power source 16, and a transmitter and antenna 18. Preferably, each of illumination source 12 and illumination source 12' generate electromagnetic radiation of the same

wavelength. Capsule 1 includes additional source 13, providing marker illumination from a position and angle substantially similar to that of illumination source 12; in effect additional source 13 adds marker illumination to illumination source 12. Rays 200 represent electromagnetic radiation produced by illumination source 12, rays 210 represent electromagnetic radiation produced by illumination source 12', and rays 220 represent electromagnetic radiation produced by source 13. Preferably, rays 220 are projected onto the in-vivo site 100 at substantially the same angle and from substantially the same position as rays 200. In one embodiment, illumination sources 12, 12' and 13 are operated simultaneously and one image is captured and transmitted. The image may be separated into different views, providing three dimensional and surface orientation information.

The imager 14 is fitted with a filter such as a mosaic filter 122 divided into alternating segments that are sensitive to different bandwidths of the electromagnetic spectrum. Certain segments allow the passage of electromagnetic radiation generated by source 13. Other segments allow the passage of electromagnetic radiation generated by illumination sources 12 and 12'. In certain embodiments segments may filter the illumination generated by sources 12 and 12' into different spectral bands, such as the red, green and blue spectra; in other embodiments segments may allow substantially the entire spectrum generated by sources 12 and 12' to pass. Each alternating segment of the mosaic filter 122 permits electromagnetic energy to reach the imager 14 only in the designated bandwidth of the electromagnetic spectrum for which it is sensitive. Preferably, each of illumination source 12 and illumination source 12' is operated simultaneously. Each image obtained by the imager 14 is composed of a plurality of

segments, each segment including information from either illumination source 12 and source 12' (or a portion thereof) or source 13. In one embodiment, source 13 produces electromagnetic radiation of a certain frequency which is used to mark a perspective, such as infra-red radiation, and illumination sources 12 and 12' produce other illumination, such as visible light. In alternate embodiments, the illumination sources may produce different spectra, and thus a separate marker source may not be needed. The marker illumination may include spectra other than infra-red radiation, for example UV radiation.

Reference is made to Fig. 6, which depicts a portion of a filter used with an embodiment of the present invention. In one embodiment, the filter 22 includes a repetitive pattern of sections, each section including a plurality of cells. Each cell allows a certain spectrum of electromagnetic radiation to pass to the imager 14. For example, cells 230 allow red light to pass, cells 240 allow blue light to pass, cells 250 allow green light to pass, and cells 260 allow infra-red radiation to pass. Preferably, the filter 22 includes many sections and cells; in one embodiment one section is included for each pixel recorded by the imager 14.

After capture, the images obtained may be displayed to the user in various manners, for example using the methods described above. In one embodiment, electromagnetic energy from one section, including all cells of the section, is recorded by each pixel of the imager 14. During the processing of the image, the known frequency of the source 13 is used along with the information provided by cells 260 to produce different pixel representations for each of the two views desired. For example, the

intensity of the source 13 for each pixel may be used as a marker for percentage of the electromagnetic energy for that pixel which is produced by illumination source 12.

In an alternate embodiment, an additional source need not be used to produce marker such as infra-red radiation. For example, each of two illumination sources may produce different spectra of electromagnetic radiation; the differences in the reflected and captured images may be used to provide three-dimensional information.

In a further embodiment, electromagnetic energy from each cell is recorded by one pixel of the imager 14. During the processing of the image, the known frequency of the illumination source 13 is used along with the information provided by cells 260 to produce different pixel representations for each of the two views desired. For example, the intensity of the source 13 for each pixel may be used as a marker for percentage of the electromagnetic energy for certain associated pixels gathering light in the frequency of the source (e.g., source 12) associated with source 13.

It will be appreciated by persons skilled in the art that the present invention is not limited to what has been particularly shown and described hereinabove. Alternate embodiments are contemplated which fall within the scope of the invention.

4. Brief Description of Drawings

Fig. 1 depicts an in-vivo image capture device according to one embodiment of the present invention.

Fig. 2 depicts a schematic diagram of an in-vivo imaging system according to one embodiment of the present invention.

Fig. 3 is a flow chart illustrating a method according to an embodiment of the present invention.

Fig. 4 depicts an in-vivo image capture device according to one embodiment of the present invention.

Fig. 5 depicts an in-vivo image capture device according to one embodiment of the present invention.

Fig. 6 depicts a portion of a filter used with an embodiment of the present invention.

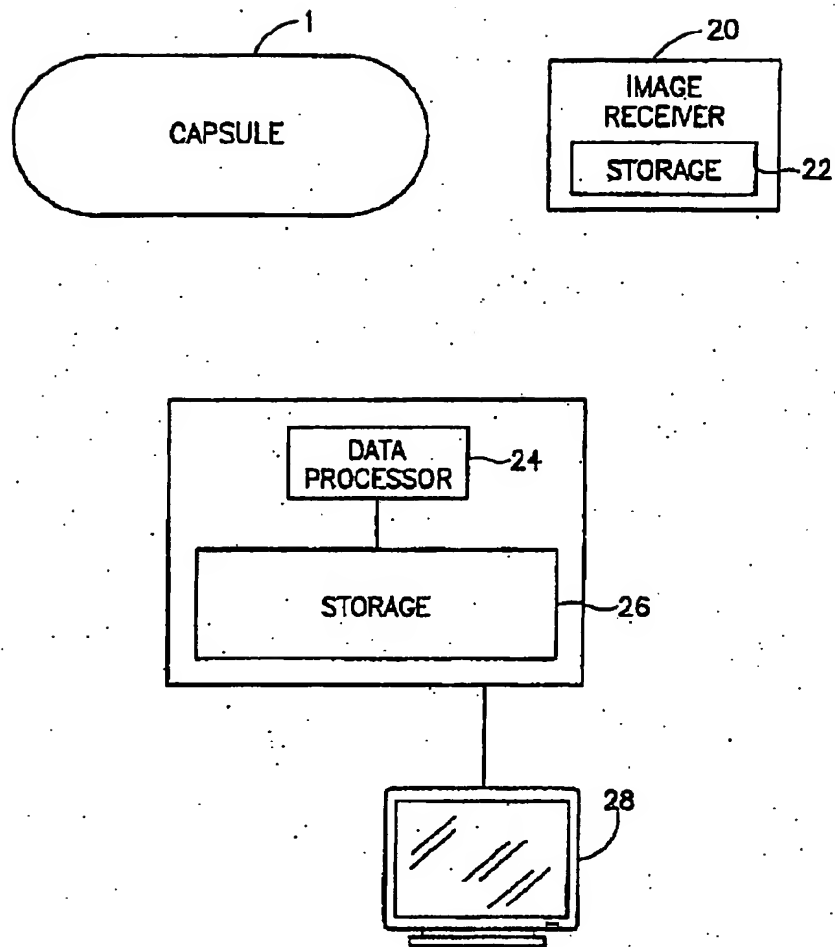


FIG.2

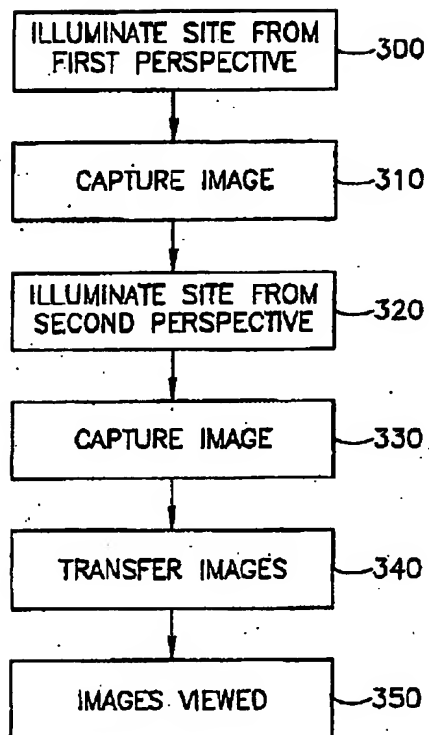


FIG.3

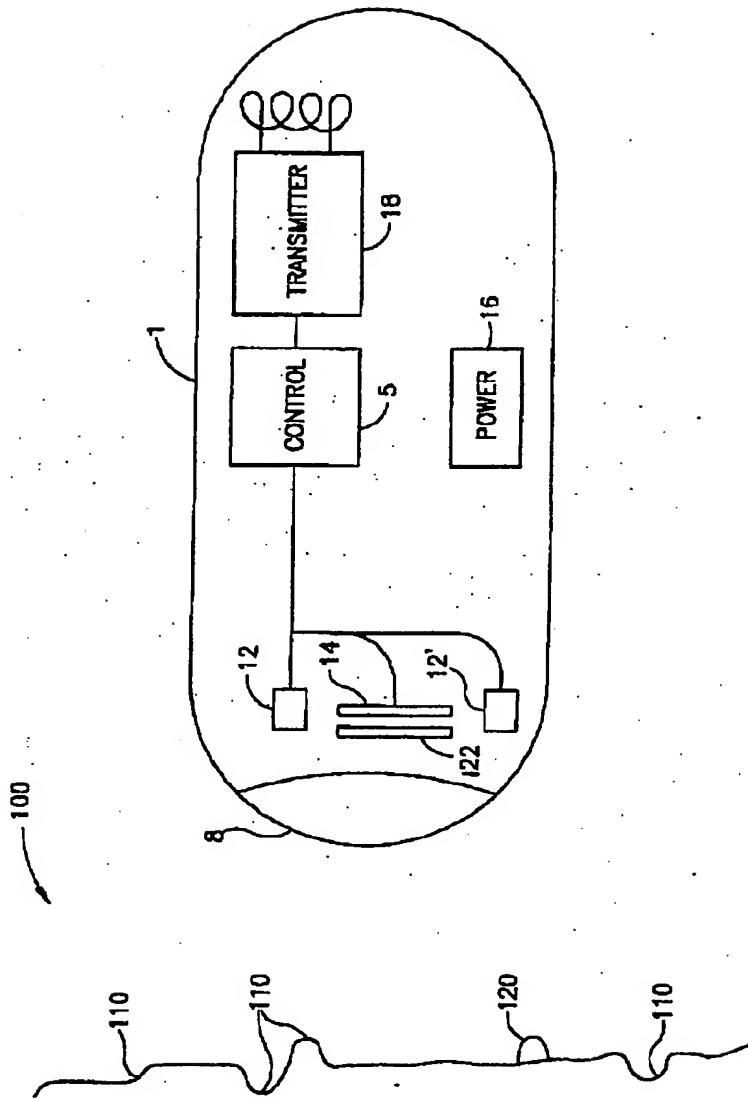


FIG.4

1. Abstract

In-vivo images including three-dimensional or surface orientation information may be captured and viewed. An in-vivo site is illuminated by a plurality of sources, and the resulting reflected images may be used to provide three-dimensional or surface orientation information on the in-vivo site. The system may include a swallowable capsule.

2. Representative Drawing

Fig. 1